

Hypertext¹

Rainer Hammwöhner
Lehrstuhl für Informationswissenschaft
Universität Regensburg

1. Einleitung

Seit dem ersten internationalen Workshop über Hypertextsysteme 1987 in Chapel Hill hat das Hypertext-Gebiet eine außerordentlich dynamische Entwicklung erfahren. Hypertext-Komponenten sind in eine Vielzahl von Informationssystemen und Benutzungsoberflächen integriert, ohne dass sie – wie z.B. bei Dateisystemen – noch als solche wahrgenommen würden. Das World Wide –Web (WWW) hat sich als weltumspannendes Medium etabliert, dessen konsistente Weiterentwicklung durch stets erweiterte Standards von einer eigenen Organisation, dem WWW-Consortium [www.w3c.org] gesteuert wird. Elektronische Bücher kann man auf CD-ROM in fast jeder mittelgroßen Buchhandlung kaufen. Große Firmen setzen auf die Weiterbildung ihrer Mitarbeiter durch virtuelle, oft hypertext-basierte Lehre, für die wiederum eigenen Standards – z.B. das Shareable Content Object Reference Model (Scorm) [www.adlnet.org] – entwickelt werden.

Dieser weite Einsatzbereich bringt allerdings auch ein erhebliches methodisches Problem mit sich. Hinter den disparaten Anforderungen der jeweiligen Einsatzgebiete droht eine zusammenhängende Theorie von Hypertext zu verschwinden. Ob eine solche überhaupt zu formulieren ist, ist ohnehin fraglich. Schon eine umfassende Theorie von Text konnte bisher nicht oder nur auf sehr abstraktem Niveau formuliert werden. Die im Zusammenhang mit dem Aufbau und der Nutzung von Hypertexten und Hypertextsystemen auftretenden Fragestellungen sind vielfach interdisziplinärer Natur, die z.T. auch einzelwissenschaftlich mit etwas verengter Perspektive untersucht werden. Die Informatik sieht in Hypertext eine Spezialform multimedialer Systeme, die besonders unter dem Gesichtspunkt der Datenverwaltung, Kommunikationsstandards und Software-Architekturen zu untersuchen sind [Mühlhäuser 99]. Lerntheorien aus Pädagogik und Psychologie sind die Grundlage für den Aufbau und die Nutzung von Lehrhypertexten [Schulmeister 97]. Hyperfiction – hypermediale Belletristik – profitiert von und speist sich aus den Strömungen der gegenwärtigen Literaturtheorie [Landow 92].

Hier soll Hypertext vor allem unter informationswissenschaftlichen Fragestellungen behandelt werden. Einer kurzen definitorischen Eingrenzung des Gegenstands folgen texttheoretische Überlegungen zum Hypertext. Sodann wird auf die Informationssuche in Hypertexten und die Gestaltung von Hypertexten eingegangen.

¹ Erschienen in: Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation. R.Kuhlen; T. Seeger, D. Strauch (Hrsg.):

5. völlig neu gefasste Ausgabe. Band 1: Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und Praxis, Saur, 2004.



Dieser Text ist unter der folgenden Creative Commons Lizenz lizenziert: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 Germany (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/>).

2. Was ist Hypertext?

Hypertext ist ein in isolierte Blöcke – Knoten, Units, Objekte, informationelle Einheiten – fragmentierter Text. Diese Einheiten werden durch textinterne Verweise, textuelle Deixis, untereinander verbunden. Aufgrund dieser Verweise stellt der Leser, ausgehend von einem vorgegebenen oder individuell ausgewählten Startknoten, eine Lesesequenz (Ergebnis einer Navigation oder eines Browsing) zusammen, die seinen persönlichen Rezeptionsgewohnheiten und seinem Informationsbedarf entsprechen. Eine vorgegebene lineare Lesefolge wie bei einem Buch ist allenfalls als zusätzliches Strukturierungsangebot vorhanden. Diese weitergehenden Anforderungen an die Handhabung bedingen, dass Hypertexte im Gegensatz zu konventionellen Texten elektronisch repräsentiert sein müssen und nur vermittels eines Computers oder e-books o.ä. unter Einsatz einer speziellen Software, eines Hypertextsystems gelesen und geschrieben werden können. Die Auswahl der Verknüpfungen, die im Text besonders gekennzeichnet sind, erfolgt dann durch direkte Manipulation der als Verknüpfung (Link) gekennzeichneten Objekte.

Die elektronische Repräsentation in Verbindung mit mächtigen Interaktionswerkzeugen lässt im Hypertext die Grenzen zwischen den Medien verschwinden. Ohne weiteres können in Hypertexte weitere statische Medien, wie Fotografien, Zeichnungen etc. integriert werden. Aber auch dynamische Medien, wie Film und Audio, können in den Hypertext eingebunden werden. Soll der Aspekt der Mediendiversifikation betont werden, wird häufig auch von Hypermedia gesprochen, während man eher von Hypertext spricht, wenn man sich auf die Vernetzungsstruktur, eben auf textuelle Aspekte bezieht.

Durch die mittlerweile weltweite Vernetzung von Computern innerhalb des Internets ist eine Verteilung des Hypertexts über eine Vielzahl von Rechnern möglich. Hier stellt sich die Frage, ob die Gesamtheit der im Netz verfügbaren Hypertext-Einheiten als *ein* Hypertext aufzufassen ist, oder ob hier ein Netzwerk von in sich komplex strukturierten Hypertexten vorliegt. Aber das ist wohl eher eine akademische Frage.

Eine Typologie von Texten stellt [Aarseth 94] vor. Dabei können Texte – Hypertexte stellen hier einen Spezialfall dar – nach folgenden Kriterien unterschieden werden:

- **Topologie:** Welche Struktur ordnet die Menge der Text-Einheiten? Ist sie linear – dies ist der Sonderfall des konventionellen Texts – hierarchisch oder netzwerkartig?
- **Dynamik:** Hier wird unterschieden, ob Verknüpfungen oder Inhalte des Textes statisch vorgegeben sind oder an die Rezeptionssituation angepasst sein können. Dies kann etwa durch eine regelmäßige Aktualisierung von Inhalten geschehen oder durch die Auswahl von Verknüpfungen oder Inhalten aufgrund von Benutzerprofilen.
- **Determinierbarkeit:** Ist die Traversierungsfunktion deterministisch in dem Sinn, dass Abfolgebeziehungen unveränderlich bleiben?
- **Ablauf:** Ist der Ablauf der Präsentation zeitgesteuert, wie bei einer zeitsynchronisierten Multimedia-Präsentation, oder ist eine Aktion des Lesers erforderlich?
- **Steuerbarkeit:** Welche Traversierungsfunktionen stehen für die Lektüre des Hypertexts zur Verfügung, wie z.B. „Verknüpfung folgen“ oder „Rücksprung zum Startknoten“?

Ergänzen ließe sich diese Typologie um Kriterien, welche die Medialität der Hypertexteinheiten (Text, Bild, Video, ...) und die Interaktionsmodalität (deiktisch, gesprochensprachlich, ...) erfassen. Wichtig ist auch die Unterscheidung zwischen Hyperdokumenten, die sich vom Leser, etwa durch Annotationen oder eigene

Verknüpfungen, modifizieren lassen, und solchen, die für ihn unveränderlich sind. Die Sichtbarkeit dieser Änderungen wiederum kann sich auf den privaten Bereich beschränken oder auch andere Leser einschließen.

3. Wie hat sich Hypertext entwickelt?

Als „Überväter“ aller Hypertextsysteme gelten heute *Memex* und *Xanadu*, zwei Systeme, die überhaupt nicht oder nie vollständig realisiert wurden. *Memex* wurde 1945 von Vannevar Bush [Nyce/Kahn 91], damals Berater des amerikanischen Präsidenten, konzipiert, um dem Fachexperten oder Informationsspezialisten Mittel zur Bewältigung der auf ihn einströmenden Informationsmengen an die Hand zu geben. *Memex* organisierte Textmengen durch Netzwerke von *Trails*, welche analog zu den Assoziationsnetzen der menschlichen Kognition konzipiert waren. Während die theoretische Vision des Systems sich als zukunftsweisend herausstellte, setzte die praktische Konzeption – entsprechend dem damaligen Stand der Technologie als elektromechanisches auf Mikrofilm beruhendes System – auf eine technische Sackgasse. Das theoretische Konzept von *Memex* als privatem „Kognitionsverstärker“ kann aber noch heute als Grundlage von individuellen Lernsystemen und Ideenstrukturierungstools etc. angesehen werden.

Ted Nelson griff Bushs Ideen auf und prägte für die entstehenden netzwerkartigen Textstrukturen den Namen *Hypertext*. Nelson setzte im Gegensatz zu Bush nicht nur auf die kognitive sondern auch auf die kommunikative Funktion von Text. Sein *Xanadu* [Nelson 87] war schon frühzeitig als weltweit vernetztes Kommunikations- und Archivierungssystem geplant. Lösungen für viele Detailprobleme, wie z.B. die Adressierungsschemata und die Gewährleistung des Copyrights für beliebig kleine Medienfragmente, waren gefunden, zumindest theoretisch. Dieser extreme Perfektionismus verzögerte jedoch die Realisierung von *Xanadu* so weit, bis es durch den Siegeszug eines anderen, einfacheren Systems, des WWW, obsolet geworden war.

Als sehr einflussreich erwies sich auch die Entwicklung des Augment-Systems, das eng mit dem Namen Doug Englebart verbunden ist [Englebart/English 88]. Zum einen wurden hier viele Techniken der computerbasierten Textverarbeitung im Speziellen und der Mensch-Maschine-Interaktion im Allgemeinen entwickelt – Fenstertechnik, Computermouse. Zum anderen wurde hier das Konzept einer textorientierten computerbasierten Zusammenarbeit in Teams formuliert, wie es sich heute in System des Computer-supported Cooperative Work (CSCW) wiederfindet.

Diese Ideen wurden bis 1987 in kleineren Forschungsgruppen weiter entwickelt und als jeweils proprietäre Hypertextsysteme implementiert. Besonders einflussreich und erfolgreich war die Gruppe um Andries van Dam an der Brown University, aus deren Arbeit die Hypertext-Systeme *Fress* und *Intermedia* [Yankelovich et al. 88] hervorgingen, und die Gruppe um Halasz am Xerox Parc mit ihrem NoteCards-System. Diese Systeme und ihre Nachfolger implementierten viele richtungsweisende Konzepte für Hypertext-Anwendungen, die bis heute den Publikumsmarkt des WWW noch nicht erreicht haben. Beispielgebend und die Theorie fundierend waren auch die empirischen Untersuchungen im Umfeld der Weiterentwicklung von NoteCards [Halasz 88].

Der internationale Workshop über Hypertext 1987 in Chapel Hill mit seiner für alle Beteiligten überraschenden internationalen Resonanz gab dem Forschungsfeld einen erheblichen Impuls. Forschungsgruppen entstanden auch außerhalb der USA. Nennenswerte Forschung wurde im Bereich der Strukturierung von Hypermedia-Dokumenten, benutzerfreundlichen Interaktionsformen, der Integration mit wissensbasierten Systemen und zahlreichen anderen Problemfeldern betrieben. Mit Hypercard (für Macintosh) und Guide (für

PC/Windows) wurden erste Systeme entwickelt, die eine breite Anwenderschaft auch im Publikumsmarkt erzielten.

Die Notwendigkeit eines netzbasierten Zugriffs auf Hypertexte und das Potential des Internet wurden damals aber erheblich unterschätzt. Als Resultat dieser Fehleinschätzung wurde das WWW ab 1992 außerhalb der Hypertext Forschergemeinde entwickelt. Wegen des ungeheuren Erfolges des WWW kam es dann in Folge zu einer gewissen Austrocknung der ursprünglichen Forschungsszene, wodurch viele der potenziell für das WWW fruchtbaren Forschungsergebnisse nicht rezipiert wurden.

4. Texttheoretische Grundlagen

Hypertext ist, zumindest aus der Sicht einer allgemeineren Semiotik, eine Spezialform von Text. Dennoch bestehen zu konventionellem, für die lineare Lektüre vorgesehenem gedruckten Text hinlängliche Unterschiede in der Struktur und der Rezeptionssituation, so dass es sinnvoll erscheint, nach Erfolgsbedingungen für eine hypertextbasierte Kommunikation zu fragen. Theorien können aus Textlinguistik und Literaturwissenschaft entlehnt werden [Hammwöhner 96].

Die Textlinguistik liefert mit ihren Textualitätskriterien [De Beaugrande/Dressler 81], welche weniger eine Definition von Text als einen Kanon von Voraussetzungen für den Erfolg textueller Kommunikation darstellen, einen ersten Anhalt. Wir wollen diese hier kurz, jeweils nur unter dem Gesichtspunkt spezifischer Interpretation für Hypertexte ansprechen.

Ein Text ist nur dann ein sinnvolles Kommunikat, wenn er als zusammenhängende Zeichenfolge wahrgenommen werden kann. Sprachlich wird dieser Zusammenhang durch syntaktische, semantische und pragmatische Mittel hergestellt. Die Textsyntax stellt mit Proformen, Deixis und Wortwiederholungen, Rekurrenz, Mittel zur Herstellung der *Kohäsion* von Texten zur Verfügung. Mit Ausnahme der Rekurrenz sind diese Mittel in Hypertexten nur innerhalb von Hypertextknoten tauglich, da ansonsten der Bezugspunkt fehlt. Auf der makroskopischen Ebene wird Kohäsion in Hypertexten durch die Verknüpfungen hergestellt, die einzelnen Hypertext-Knoten müssen kohäsiv geschlossen, d.h. ohne Außenbezug sein [Kuhlen 91, S. 34].

Auf der semanto-pragmatischen Ebene wird *Kohärenz* durch konsistente Referenz (referenzielle Kohärenz) auf ein eingegrenztes Inventar von Objekten und durch eine widerspruchsfreie Menge von Aussagen (propositionale Kohärenz) im Sinne einer durchgängigen Kommunikationsabsicht erzeugt (illokutionäre Kohärenz). Kohärenz in diesem Sinne ist allenfalls von Hypertexten geringer Größe zu erwarten, die von einem Autor oder von einem Autorenkollektiv mit einer gemeinsamen Absicht konzipiert und geschrieben wurden. Große Hypertexte, wie im Extremfall das WWW, verfolgen keine übergreifende Absicht und können auch inkonsistente Aussagen enthalten. Die von einem Leser gelesene Abfolge von Hypertext-Einheiten sollte jedoch stets als kohärent interpretierbar sein. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang eine Auszeichnung der Semantik von Verknüpfungen, um so die inhaltliche Beziehung der verbundenen Hypertext-Knoten zu verdeutlichen. Auch dies ist eine Funktionalität, die bis heute kaum in WWW-Umgebungen realisiert ist.

Intentionalität, also das Vorliegen einer durchgängigen Äußerungsabsicht, ist, wie oben schon angemerkt, von großen Hypertexten nicht zu erwarten, wenngleich manche Autoren dem WWW schon die Grundstufen einer „Schwarmintelligenz“ zumessen [Mainzer 03. 169 ff.]. Es gehört jedoch zu den Stärken von Hypertext, die Leserintentionen gegenüber den postulierten Autorenintentionen höher zu gewichten, als dies in konventionellen Texten möglich ist. Es gewinnen deshalb die Kriterien der *Akzeptabilität*, *Informativität* und

Situationalität an Bedeutung, die in einem weitgehenden Zusammenhang stehen. Sie können als erfüllt werden, wenn der Hypertext allgemeine Kommunikationsmaximen, wie sie von Grice formuliert wurden [Grice 93], erfüllt.

Die *Quantitätsmaxime* betrifft die Informationsmenge, die genau dem Bedarf des Lesers entsprechen soll. Dies betrifft zunächst den Textinhalt. Hier bieten Hypertexte Vorteile, weil sie dem Leser die Möglichkeit des selektiven Lesens eröffnen. Dynamische Hypertexte können diesen Effekt durch situationsspezifische Informationsauswahl, etwa durch Benutzermodelle, sowie durch die automatische Berücksichtigung aktueller Information verstärken. Zur Primärinformation tritt beim Hypertext noch die erforderliche Metainformation, die dem Leser erlaubt, das bisher erreichte und die verbleibenden Handlungsoptionen einzuschätzen. Die Informationsmenge muss zudem an die aktuellen Rezeptionsbedingungen angepasst werden. Dazu gehören auch ergonomische Parameter (s.u.). Die *Qualitätsmaxime* fordert die Verlässlichkeit der angebotenen Information.

Probleme entstehen hier bei Hypertext bevorzugt im Zusammenhang mit Aktualisierung und Restrukturierung. Mangelnde Aktualität führt zu inkorrekt Information. Inkonsistente Restrukturierung führt – häufig im Zusammenhang mit Suchmaschinen und Indexen – zu fehlerhaften Verweisen. Die *Maxime der Relation* fordert die Relevanz der Äußerungen. Bezüglich der Inhalte bietet, wie schon erwähnt, dynamischer Hypertext hier weitgehende Möglichkeiten. Hinsichtlich der präsentierten Metainformation und Verknüpfungsoptionen besteht die Gefahr einer Überforderung des Lesers durch ein Übermaß an Verknüpfungsangeboten (*cognitive overload*). Die *Modalitätsmaxime* zielt auf die Klarheit des Ausdrucks. Für Hypertexte ist die Transparenz der Gesamtstruktur zu fordern, für jede Verknüpfung sollte deutlich sein, welchem Zweck sie dient. Darüber hinaus fließen hier Fragen des Schnittstellendesigns ein, wie sie von Seiten der Software-Ergonomie gestellt werden (s.u.).

Auch konventionell gedruckte Texte enthalten zusätzlich zum „eigentlichen“ Text weitere zumeist textuell repräsentierte Information, den sogenannten Paratext, der die Lesbarkeit des Primärtextes überhaupt erst gewährleistet [Genette 89]. Dazu gehören Titel, Autorenangaben, Überschriften, Inhaltsverzeichnisse, Indexe, Seitenzahlen usw. Dieser Paratext ist für gewöhnlich hoch konventionalisiert, seine Nutzung erfordert vom Leser nur ein Minimum an intellektueller Leistung. Manche dieser paratextuellen Elemente, wie z.B. Inhaltsverzeichnisse sind mit gewissen Modifikationen auf Hypertexte übertragbar. Andere mussten neu entwickelt werden. In den letzten Jahren hat hier bereits eine zunehmende Konventionalisierung eingesetzt, die zum einen, wie bei Impressumsangaben, auf den rechtlichen Rahmenbedingungen der Online-Kommunikation beruhen, während andere eine Anpassung an Nutzergewohnheiten und den Erfolg im Gebrauch darstellen – man vergleiche z.B. den WWW-Auftritt von Tageszeitungen oder politischen Magazinen (Süddeutsche Zeitung, Spiegel, Focus etc.).

Eine besondere Rolle spielen Paratexte, die nicht für die maschinelle Auswertung vorgesehen sind, und nur selten von Menschen gelesen werden. Dazu gehören z.B. inhaltliche Deskriptoren, die von Suchmaschinen ausgewertet werden.

5. Strukturen des Hypertexts – Hypertext-Modelle

Die simple Grundstruktur von Hypertexten – Knoten und Verknüpfungen – ist im Prinzip ausreichend, um sehr komplexe diskursive Strukturen abzubilden. Allerdings sind selbst diese einfachen Strukturen schon unterschiedlich interpretiert worden. Verknüpfungen können Knoten nur in einer Richtung oder bidirektional verbinden, sie können sogar mehrere Knoten gleichzeitig verknüpfen. Manche Hypertextsysteme bieten die Möglichkeit, Verknüpfungen nach unterschiedlichen Kriterien zu unterscheiden [Kuhlen 91, S. 113 ff]. Dies kann durch

Vergabe sinnvoller Etiketten geschehen oder durch die Zuordnung von eigenen Datentypen mit spezifischen Verhaltensausrprägungen und Konsistenzregeln. Grundlagen der Unterscheidungen können sein:

- der Inhalt der verknüpften Knoten (Assoziation, Begriffserläuterung etc.),
- die rhetorische oder argumentative Funktion der verknüpften Knoten (Bestätigung, Widerspruch etc.),
- das Navigationsverhalten (Austausch von Inhalten, Pop-Up-Window, Fly-Out etc.) und Aktivierungsbedingungen (Mouseclick, Berühren mit dem Cursor, Ereignis aus einer Animationsfolge etc.).

Eine Typisierung – im Gegensatz zu einer bloßen Etikettierung – von Verknüpfungen erwies sich als wichtig vor allem für Autorensysteme. Während die Systeme Topographic [Hammwöhner 90] und WITH [Hammwöhner 96] einen automatischen Aufbau von Hypertexten anhand von Verknüpfungsdefinitionen anstrebten, stellte SEPIA [Haake/Wilson 92] eine aufwändige, wissensbasierte Entwicklungsumgebung für den Autor zur Verfügung.

Auch die Integration mehrerer Medienobjekte innerhalb eines Knotens findet unterschiedliche Lösungen. Schon frühzeitig erwies es sich jedoch als von zentraler Bedeutung, auch komplexe Gruppierungen von Knoten und Verknüpfungen als explizite Strukturen verwalten zu können [Halasz 88]. Dies ist zum einen dem Umstand geschuldet, dass nicht nur Assoziation sondern auch Aggregation in der menschlichen Kognition fest verankert zu sein scheint. Zum anderen können Hypertextsysteme auf der Basis aggregativer Strukturen erweiterte Dienstleistungen anbieten. Es sollen die wichtigsten dieser Strukturierungsmittel hier eingeführt und die zugehörigen Dienstleistungen erläutert werden.

- Aggregate aus Hypertext-Knoten, die als Teil-von-Beziehung zu interpretieren sind, erlauben starke Analogien zu den traditionellen Druck-Medien mit ihren Hierarchien von Text-Segmenten (Kapitel, Unterkapitel, Abschnitt, ...) oder zu den Dateistrukturen von Betriebssystemen. Aufgrund der geringeren Komplexität erlauben Hierarchien eine schnellere Orientierung als allgemeine Graphen. Eine Übersicht über den Inhalt von Hypertexten kann direkter gewonnen werden. Durch Ausnutzung inhaltlich motivierter hierarchischer Strukturen können automatische Suchprozesse erheblich an Effektivität und Effizienz gewinnen. Mehrfachhierarchien bieten eine, – wenngleich komplexere, so doch immer noch gut nachvollziehbare Möglichkeit einer inhaltlich differenzierten Zuordnung von Knoten. Der jeweils im Fokus des Lesers befindliche Zweig der Mehrfachhierarchie kann auch den Kontext für eine situative Auswahl von Verknüpfungsnetzen darstellen.
- Aggregate aus Hypertext-Verknüpfungen bieten die Möglichkeit, eine vorgegebene Menge an Knoten mit einer alternativen Verknüpfungsmenge zu versehen und sie situativ in andere Netze einzubetten. Sequenzen von Verknüpfungen können im Sinne von *Guided Tours* oder Pfaden vorbereitete Wege durch den Hypertext markieren und somit die Orientierung erleichtern. Derartige Pfade können wie konventioneller Text linear angelegt sein, aber auch Verzweigungen enthalten. Die Auswahl aus den Alternativen einer Pfadverzweigung kann dabei aufgrund der Entscheidung des Lesers oder aufgrund von Kontextbedingungen automatisch erfolgen.
- Zeitliche Aggregation von Hypertext-Objekten: Die Interaktion des Lesers mit dem Hypertext-System hinterlässt eine Spur besuchter Knoten und ausgewählter Verknüpfungen. Die dadurch entstandene Dialoghistorie kann Grundlage für die Analyse des Leseverhaltens und damit für die Generierung verhaltensangepasster Pfade sein.

- Spezifische Aggregate können der Versionierung von Hypertexten dienen und jeweils die einer Version zugehörigen Objekte eines Hypertexts zusammenfassen [Østerbye 92].
- Vorgefertigte Teilstrukturen (Templates) können als Standardbausteine für einen effizienten und konsistenten Aufbau von Hypertextstrukturen dienen [Catlin/Garrett 91].

Die unterschiedliche Interpretation des Hypertext-Konzepts führte schließlich zu Problemen im Vergleich von Hypermediasystemen sowie in der systemunabhängigen Nutzung von Hypertexten. Ein erster Versuch, ein Modell für ein Hypertextsystem mit einer Kernfunktionalität zu definieren, resultierte in HAM, der Hypertext Abstract Machine [Campbell/Goodman 88]. Es folgten weitere, durch formale Spezifikationssprachen festgelegte Modelle. Von Interesse ist heute, dass es durchaus Modelle für Hypertext gibt, die auf das graphbasierte Modell von Knoten und Verknüpfungen verzichten und auf eine mengentheoretische Reformulierung setzen. Damit werden Beziehungen zwischen einzelnen Hypertextknoten durch solche zwischen Knotenmengen ersetzt, die durchaus auch – etwa durch räumliche Nachbarschaften - unscharf definiert werden können [Marshall/Shipman 93].

Von den abstrakten Hypertextmodellen ist als einziges das Dexter-Hypertext-Referenzmodell [Halasz/Schwartz 90] von nachhaltiger Wirkung geblieben. Als wichtigstes Ergebnis der Formulierung des Dexter-Modells kann die vollständige Trennung von Medieninformation und Verknüpfungsinformation angesehen werden. Dies ist eine notwendige Voraussetzung für die Wiederverwendung von Medieninhalten in unterschiedlichem Verknüpfungskontext und damit zur Realisierung wünschenswerter Flexibilisierungsmaßnahmen, die weiter oben schon angesprochen wurden. Auf diesem Modell aufbauend wurden Modelle für offene Hypertextsysteme definiert, die als eine Menge von Diensten aufgefasst werden können, welche über wohldefinierte Schnittstellen kommunizieren [Østerbye/Wiil 96], [Wiil/Leggett 96]. Spezifische Dienste sind z.B. für die Datenhaltung, die Verwaltung der Verknüpfungen oder die Informationssuche vorgesehen.

An dieser Stelle sind weitere Anmerkungen über das WWW als Hypertextsystem angemessen. Ohne Zweifel ist das WWW heute das einzige Hypertextsystem, das von einem Massenpublikum genutzt, wenngleich kaum als solches wahrgenommen wird. Scholastische Diskussionen darüber, ob das WWW wirklich ein Hypertextsystem sei, haben sich als wenig fruchtbar für den Gegenstand erwiesen. Ohne Zweifel verwaltet das WWW eine Menge von Hypertexten. Es blieb aber lange in der Konzeption hinter den etablierten Hypertextsystemen zurück. Dies betraf vor allem die mangelhafte Trennung von Struktur und Inhalt, sowie von Layout und Inhalt, die mangelnden Möglichkeiten inhaltlicher Textauszeichnung usw. Dies war in erster Linie auf Eigenschaften der Textauszeichnungssprache HTML zurückzuführen. Diese Probleme sind aber Gegenstand von Innovationsbemühungen um das Web, deren Vollzug allerdings wegen langwieriger Standardisierungsbemühungen und zum Teil auch konzeptioneller Probleme zum Teil auf sich warten lässt. Die sich derzeitige abzeichnende Architektur des WWW ist jedenfalls durchaus zukunftsfähig: Dazu trägt eine klare modulare Struktur bei [www.w3c.org], welche es erlaubt, neue Herausforderungen durch spezifische neu standardisierte Auszeichnungssprachen zu erfassen.

Durch *URIs* sind Dokumente / Dokumentfragmente im Netz eindeutig und mnemotechnisch günstig anzusprechen. Die Auszeichnungssprache *XML* bietet eine Syntax für eine weitgehende inhaltliche Strukturierung von Dokumenten, die durch Transformationsspezifikationen (*XSL*) in HTML umgewandelt und durch Stylesheets (*CSS*) in ihrer Erscheinungsform beschrieben werden können. Weitergehende Standards betreffen die Behandlung von Spezialtexten, etwa mathematischen Formeln (*MATHML*) oder multimediale, synchronisierte Dokumente (*SMIL*). Der künftige Nutzer des WWW ist auch nicht mehr, wie

häufig kritisiert, auf eine passive Rolle festgelegt. Er wird z.B. Dokumente mit Annotationen versehen können, die in eigenen Annotationsservern verwaltet werden (*Annotea*). Besondere Bedeutung für den Informationsspezialisten erhalten die Standards um die Behandlung von Metadaten. Auf diese Problematik wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen.

6. Informationssuche und Inhaltserschließung im Hypertext

Bei der Informationssuche in Hyperdokumenten muss zunächst zwischen eher kleinen, in ihrer Struktur einem einheitlichen Editionsplan folgenden Hypertexten und großen uneinheitlichen Dokumentbeständen unterschieden werden. Beispiele für erstere sind cd-basierte Lehrtexte oder Texteditionen, während das WWW oder große Unternehmens-Intranets für letztere stehen.

Generell kann festgestellt werden, dass Hypertext mit seinen auf den Verknüpfungen beruhenden Interaktionstechniken – nicht von ungefähr spricht man hier von *Browsing* oder *Navigation* – sehr geeignet ist, explorative Techniken der Informationssuche zu unterstützen, die auch bei unscharf formuliertem Informationsbedarf zum Erfolg führen können [Bates 85]. Voraussetzung ist die Wahl eines geeigneten Startpunkts und das Angebot aussagekräftiger und konsistenter Verknüpfungen.

Kleinere Hypertexte können mit einer vom Autor vorgegebenen Zahl angemessener Startpunkte versehen und durch intellektuell vergebene Verknüpfungen vollständig vernetzt werden. Bei Änderungen der Struktur oder des Inhalts ist aber schon hier der Einsatz eines Dokumentenmanagementsystems anzuraten, um Inkonsistenzen – Verknüpfungen ohne Ziel oder solche ohne inhaltlichen Bezug – zu vermeiden. Darüber hinaus sind bei kleinen Hypertexten, die nur einen geschlossenen Gegenstandsbereich behandeln, fortgeschrittene Verfahren der Volltextsuche sehr erfolgreich, um relevante Hypertextknoten zu isolieren (Vektorretrieval, Probabilistisches Retrieval). Verbessern lassen sich die Ergebnisse, wenn Information über die Verknüpfungen mit in die Suche einbezogen wird. Die vom Rechercheur gesuchte Information kann sich im Hypertext in einem Knoten konzentriert finden, sie kann aber auch auf mehrere verteilt sein. Diese relevanten Knoten werden, eine angemessene Verknüpfungsstrategie vorausgesetzt, dann untereinander verknüpft sein. Relevanzmaße, welche neben dem Volltext eines Knotens auch die Inhalte verknüpfter Knoten einbeziehen, wurden schon frühzeitig entwickelt [Weiss et al. 96].

Diese Techniken sind für große Hypertexte, unter denen das WWW den Extremfall darstellt, nur mit vermindertem Erfolg einzusetzen. Zwar sind auch hier thematisch zugeordnete Startseiten in Form von Portalen aufzufinden. Auch eine inhaltliche Verknüpfung innerhalb von Websites und darüber hinaus ist üblich. Eine vollständige Erschließung ist hier aber, aufgrund der Informationsmenge und der Änderungsfrequenz selbst mit automatischen Mitteln nicht zu erreichen. Hier sind andere Mittel einzusetzen. Ein Problem großer, heterogener Hypertexte ist auch die sehr unterschiedliche Qualität der Quellen. Dies betrifft sowohl die Inhalte der Dokumente als auch deren Erschließungstiefe. Bei der Informationssuche kann man dem mit verschiedenen Strategien begegnen. So kann man Knoten (*Authorities*), auf die von zahlreichen externen Dokumenten verwiesen wird, im Ranking anheben, da sie von vielen Autoren als hochwertig angesehen werden [Kleinberg 98]. Ebenso sind Knoten (*Hubs*) zu bevorzugen, die auf viele weitere relevante Inhalte verweisen und somit eine gewisse referenzielle Portalfunktion wahrnehmen können. Bisher fehlten aber Instrumente, die es dem Informationsanbieter erlaubten, eine für die Informationssuchenden nachvollziehbare qualitätsvolle Aufbereitung der Information vorzunehmen. Hierzu sind technische und inhaltliche Standards zu definieren, welche von Software-Herstellern von Informationswerkzeugen (z.B. Browsern) als auch von Informationsanbietern berücksichtigt werden. Zur Zeit vermag es vor allem das WWW-

Consortium (W3C), das für die Weiterentwicklung des WWW zuständig ist, die erforderliche Sach- und Entscheidungskompetenz zu bündeln und mehrere Initiativen zur inhaltlichen Verbesserung des WWW zu betreiben. Diese richten sich vor allem auf die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Metainformation und strukturierter Primärinformation. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass, bedingt durch die großen zu rezipierenden Informationsmengen, häufig nicht nur eine Automatisierung der Informationssuche, sondern auch einer Vorverarbeitung der gefundenen Information anzustreben ist.

Die Basis für diese Ziele ist RDF [www.w3c.org], das Resource Description Framework. Es erlaubt die explizite Repräsentation von Information im Netz. RDF beruht auf einer XML-basierten Syntax und einer modelltheoretisch definierten Semantik. Die mittels RDF formulierten Ausdrücke benutzen ein Vokabular, das zuvor in einer eigenen Sprache – RDFS (RDF-Schema) – definiert worden ist. Damit ist eine formale Basis für weitgehende Aktivitäten gelegt. RDF und RDFS eignen sich z.B., um die im Rahmen der Metasprache Dublin Core [www.dublincore.org] inhaltlich festgelegten Metadaten zu erfassen. Aufbauend auf RDF können aber auch komplexe Repräsentationsformalismen definiert werden, welche, anknüpfend an die strukturorientierten Repräsentationsformalismen der KI, weitergehende Schlussfolgerungen erlauben [Fensel et al. 03]. Durch formal definierte Ontologien [Smith 04] wird eine effektivere inhaltliche Auszeichnung von Dokumenten möglich. Sie ist auch eine Voraussetzung für weitergehende Dienste, wie die Extraktion von Information aus Dokumenten, die automatische Zusammenfassung oder die Übersetzung von Dokumenten usw. Die Grenze setzen hier vor allem die Bedingungen des WWW, vor allem große verteilte Dokumentenmengen, die eine effiziente Verarbeitung nur bei eingeschränkter Komplexität zulassen.

7. Gestaltung von Hypertext-Angeboten

Hypertextsysteme und mit ihnen die dargestellten Hypertexte unterliegen zunächst den gleichen Ansprüchen an eine benutzungsfreundliche Gestaltung, wie sie für alle Softwaresysteme gelten [Shneiderman 98]. Auf diese allgemeinen Aspekte soll hier nicht weiter eingegangen werden. Insbesondere sollen auch Bedienelemente von Hypertext-Browsern nicht besprochen werden. Im Falle von Hypertexten sind besondere Gesichtspunkte zu beachten, die hier kurz ausgeführt werden sollen.

Mehr als bei anderen Software-Systemen steht der Entwickler von Hypertexten vor Zielkonflikten. Einerseits soll jede Verknüpfung ein klares Navigationsangebot darstellen, andererseits soll dieses Angebot die Leseeffizienz nicht mindern, welche durch visuelle Textauszeichnungen deutlich reduziert wird. Dazu kommt, dass vom Bildschirm weniger effizient gelesen wird als vom Papier, so dass kurze und visuell klar gegliederte Texte empfehlenswert sind.

Trifft ein Leser auf eine interessante Verknüpfung, so besteht die Wahrscheinlichkeit, dass er ihr unmittelbar folgt. Wird er dann aber später zur Ausgangsseite zurückkehren, um ihre Lektüre zu beenden? Wie kann erreicht werden, dass der Leser die relevante Information eines Hypertextknotens aufnimmt, bevor er einer Verknüpfung folgt? Hier zeigt sich eine Informationsverteilung im Text als vorteilhaft, die ähnlich wie bei konventionellem Text, das Neue erst am Ende eines Hypertext-Knotens einführt bzw. den eigentlich informationstragenden Text von Verknüpfungsinformation frei hält.

Das Desorientierungsproblem wurde seinerzeit als wichtige Frage der Gestaltung von Hypertexten empfunden [Kuhlen 91, S. 132 ff]. Sind die Leser in der Lage, sich in den komplexen Netzwerken zurechtzufinden? Viele Überlegungen wurden auf die Vermeidung von Desorientierung verwendet, während Landow [Landow 89] die ganze Fragestellung schlicht als Scheinproblem bezeichnet. Ein Großteil Unsicherheiten, die im Umgang mit

Hypertext entstehen können, wurde schon von Nievergelt für Informationssysteme allgemein beschrieben: „Wo bin ich? Woher komme ich? Was kann ich hier tun?“ [Nievergelt 82] Für Hypertext wäre noch zu ergänzen: „Wohin kann ich gelangen? Was sollte ich noch lesen?“

Es hat sich mit der Zeit ein Kanon an Orientierungsinstrumenten und Gestaltungskonventionen entwickelt, durch den das Orientierungsproblem zumindest entschärft werden konnte.

- Dialoghistorien und zugehörige einfache Backtrack-Funktionen erlauben dem Leser immer, zu vormals besuchten Knoten zurückzufinden. Ein vollständige „Verirren“ ist also nicht möglich. Durch das „Zurücklaufen“ kann jedoch ein erhöhter Interaktionsaufwand entstehen.
- Durch besondere Markierung werden die Knoten kenntlich gemacht, die schon gelesen wurden, so dass ein versehentliches mehrfaches Besuchen der gleichen Seiten unwahrscheinlich wird.
- Durch Lesezeichen können vormals besuchte, interessante Seiten leicht wiederauffindbar gemacht werden.
- Jeder Hypertextknoten sollte klar identifizierbar und adressierbar sein.
- Jeder Hypertextknoten sollte einen Verweis auf eine Start- oder Portalseite enthalten, von der aus ein sinnvolles weiteres Durchstöbern des Hypertext stattfinden kann.

Während obige Orientierungsmittel heute zum Standard gehören, den ein Entwickler nicht ohne besonderen Grund verletzen darf, sind folgende Mittel eher optional einzusetzen.

- Viele Hypertexte besitzen eine grundlegende hierarchische Struktur. In diesem Fall sollte diese Hierarchie, die eine einfache Orientierung erlaubt, von anderen eventuell nicht-hierarchischen Verknüpfungen gut unterscheidbar sein. Als Orientierungsmittel haben sich explizite Positionsangaben, die auf die hierarchische Struktur Bezug nehmen bewährt.
- Graphische Darstellungen ermöglichen einen Überblick über komplexe Eigenschaften eines Hyperdokuments, etwa Verknüpfungsstruktur, Themenstruktur oder Navigationsverhalten etc. Einen guten Überblick über diese komplexe Fragestellungen geben [Groimenko/Chen 03] und [Card et al. 99]. Die Verfahren unterscheiden sich dabei jeweils hinsichtlich der Auswahl der abzubildenden Information und des visuellen Formalismus. Fisheye Views [Furnas 99] sind paradigmatisch für Verfahren, die, von einer vorgegebenen Position im Hyperdokument ausgehend, Hypertextknoten bis zu einem gewissen Abstand berücksichtigen. Dabei wird die Detaillierung der Darstellung mit zunehmendem Abstand verringert. Visualisiert werden können die ausgewählten Hypertextfragmente dann als Graphen, etwa als Hyperbolic Trees [Lamping/Rao 99] oder Cone Trees [Robertson et al. 99]. Dokumentinhalte können auch durch eine „Document Lens“ [Robertson/Mackinlay 99] auf flächige Strukturen – Perspective Walls [Robertson et al. 99] – projiziert werden. Für große Hyperdokumente sind Präsentationen impliziter Strukturen, die durch Clusteranalyse oder ähnliche Verfahren gewonnen und dann als Cluster Maps dargestellt werden von großer Bedeutung [Fluit et al. 03].

Obwohl die obigen Gesichtspunkte mehr oder minder für alle Hypertexte gelten dürften, gelten dennoch für verschiedene Hypertext-Typen ganz eigene Gestaltungsregeln. Der Unterschied zwischen einer Lehr-CD, die im Buchhandel erworben kann, und einer Web-Site besteht – ähnlich dem Unterschied zwischen Zeitung und Buch – darin, dass im Web die Aufmerksamkeit des Lesers durch besondere Gestaltungsmittel geweckt und gehalten werden

muss, da weitere, ablenkende Informationsangebote locken. Andererseits sind im Bereich der Zeitschriften Konvergenzen zwischen Online- und Print-Angeboten festzustellen [Blum/Bucher 98], [Turtschi 98].

Web-Angebote richten sich – im Gegensatz zu CD-basierten Hypertexten – häufig an eine weniger klar zu umgrenzende Leserschaft. Diese Situation erschwert die Durchführung systematischer Benutzungstests. Ergebnisse von derartigen Tests haben darüber hinaus nur kurzfristig Validität, da das Medium und seine Nutzer immer noch in einem gegenseitigen Anpassungsprozess begriffen sind. Dieser Effekt wird durch ergänzende und konkurrierende Angebote anderer Medien – etwa der Mobiltelefonie – verstärkt. Der Entwurf von Hypertexten wird als Folge zumeist von einem Methodenmix aus Erfahrungswissen, Expertenurteil und kleinen, wenig aufwendigen Benutzungstests getragen [Nilsen 00].

8. Ausblick

Man kann heute davon ausgehen, dass Hypertext als neue, elektronisch repräsentierte Form von Text in der Medienlandschaft und als theoretisches Konstrukt in der Theorie der Informationsverarbeitung [Bardini 04] fest etabliert ist. Indem das Nutzungspotential erweitert wird, wird das Erscheinungsbild ständig angepasst werden. Die technischen Fragen der Mediengestaltung werden dabei immer weiter in den Hintergrund treten und abgelöst werden von der Problematik einer angemessenen inhaltlichen Nutzung des dann auch nicht mehr so neuen Mediums [Winkler 97].

Literaturangaben

- [Aarseth 94] E.J. Aarseth: Nonlinearity and Literary Theory. In G.P. Landow (Hrsg.): Hyper/Text/Theory. The Johns Hopkins University Press, 1994, S. 51-86.
- [Bardini 04] T. Bardini: Hypertext. In. [Floridi 04], S. 248-260.
- [Bates 85] M.J. Bates: An exploratory paradigm for online information retrieval. In B.C. Brooks (Hrsg.): Intelligent information systems for the information society. Proc. of the 6th int. research forum in information science. S. 91-99, 1985.
- [Blum/Bucher 98] J. Blum und H.J. Bucher Die Zeitung: Ein Multimediu. UVK Medien. 1998.
- [Campbell/Goodman 88] B. Campbell und J.M. Goodman. HAM: A general-purpose hypertext abstract machine. Communications of the ACM, Bd. 31, Nr. 7, S. 856-861, 1988,
- [Card et al. 99] S.K. Card, J.D. Mackinlay und B. Shneiderman: Information Visualization. Using Vision to Think. Morgan and Kaufmann, 1999.
- [Catlin/Garrett 91] T. Catlin und N. Garrett: Hypermedia Templates: An Author's Tool. In Proc. Hypertext '91, San Antonio, 1991, S. 147-160.
- [DeBeaugrande/Dressler 81] R.A. de Beaugrande und W.U. Dressler: Einführung in die Textlinguistik. Niemeyer, Tübingen, 1981.
- [Englebart/English 88] D.C. Englebart und W.K. English: A research center for augmenting human intellects. In I. Greif (Hrsg.), Computer-supported cooperative work: a book of readings. S. 81-105. Morgan Kaufman, 1988.
- [Fensel et al. 03] D. Fensel; J. Hendler ; H. Lieberman und W. Wahlster (Hrsg.): Spinning the semantic web. MIT Press, 2003.

- [Floridi 04] L. Floridi (Hrsg.): The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information. Blackwell Publishing, 2004.
- [Fluit et al. 03] C. Fluit, M. Sabou und F.v. Harmelen : Ontology-based Information Visualization. In [Groimenko/Chen 03], S. 36-40.
- [Furnas 99] G.W. Furnas: The Fisheye View: A New Look at Structured Files. In: [Card et al. 99], S. 312-330.
- [Genette 89] G. Genette: Paratexte. Campus, 1989.
- [Grice 93] H.P. Grice: Logik und Konversation. In G. Meggle (Hrsg.), Handlung, Kommunikation, Bedeutung, S. 243-265. Suhrkamp, 1993.
- [Groimenko/Chen 03] V. Groimenko und C. Chen: Visualizing the semantic web. Springer, 2003.
- [Haake/Wilson 92] J. Haake und B. Wilson: Supporting Collaborative Writing of Hyperdocuments in SEPIA. In J. Turner und R. Kraut (Hrsg.): CSCW '92 Sharing Perspectives, Proc. of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, S. 138-146, 1992.
- [Halasz 88] F.G. Halasz: Reflections on NoteCards: Seven issues for the next generation of hypermedia systems. Communications of the ACM, Bd. 31, Nr. 7, S. 836-852, 1988.
- [Halasz/Schwartz 90] F.G. Halasz und M. Schwartz. The Dexter Hypertext Reference Model. In Proc. of the hypertext standardization workshop, NIST Special Publication 500-178, S. 95-133, 1990.
- [Hammwöhner 90] R. Hammwöhner: Automatischer Aufbau von Hypertext-Basen aus deskriptiv expositorischen Texten. Universität Konstanz, Dissertation, 1990.
- [Hammwöhner 96] Offene Hypertextsysteme. Universitätsverlag Konstanz, 1996.
- [Kleinberg 98] J. Kleinberg: Authoritative sources in a hyperlinked environment. In Proc. of the 9th ACM SIAM symposium on discrete algorithms. S. 668-677, 1998
- [Kuhlen 91] R. Kuhlen: Hypertext – ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank. Springer, 1991.
- [Lamping/Rao 99] J. Lamping und R. Rao: A Focus + Context Technique für Visualizing Large Hierarchies. In [Card et al. 99], S. 382-408.
- [Landow 89] G.P. Landow: Popular fallacies about hypertext. In D.H. Jonassen; H.Mandl (Hrsg.): Designing hypermedia for learning. NATO ASI Series, S. 39-59. 1989.
- [Landow 92] G. P. Landow: Hypertext. The convergence of contemporary critical theory and technology. The Johns Hopkins University Press, 1992.
- [Mainzer 03] K. Mainzer: KI – Künstliche Intelligenz. Grundlagen intelligenter Systeme. Primus, 2003.
- [Marshal/Shipman 93] C.C. Marshal und F.M. Shipman: Searching for the Missing Link : Discovering Implicit Structure in Spatial Hypertext. In Proc. Hypertext '93, Seattle, S. 217-230. ACM, 1993.
- [Mühlhäuser 99] M. Mühlhäuser: Multimedia. In P. Rechberg, G. Pomberger (Hrsg.), Informatik-Handbuch. Hanser, 1999. S. 870 ff.
- [Nelson 87] T.H. Nelson. Literary Machines. 1987.
- [Nievergelt 82] J. Nievergelt: Errors in Dialog Design and How to Avoid Them. In International Zürich Seminar, 1982, S. 199-205.

- [Nilsen 00] J. Nilsen: Designing web usability. New Riders Publishing, 2000.
- [Nyce/Kahn 91] J.M. Nyce und P. Kahn (Hrsg.): From Memex to Hypertext. Academic Press 1991.
- [Østerbye 92] K. Østerbye: Structural and Cognitive Problems in Providing Version Control for Hypertext. In Proc. ECHT '92, Milano, 1992, S. 33-42.
- [Østerbye/Wiil 96] K. Østerbye und U.K. Wiil: The Flag taxonomy of open hypermedia systems. In Proc. Hypermedia '96. ACM, S. 129-139.
- [Robertson et al. 99] G.G. Robertson, S.K. Card und J.D. Mackinlay: Information Visualization Using 3D Interactive Animation. In [Card et al. 99], S. 521-529.
- [Robertson/Mackinlay 99] G.G. Robertson und J.D. Mackinlay: The Document Lens. In [Card et al. 99], S. 562-569.
- [Schulmeister 97] R. Schulmeister: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Oldenbourg, 1997.
- [Shneiderman 98] B. Schneiderman: Designing the user interface. Addison-Wesley, 1998.
- [Smith 04] B. Smith: Ontology. In [Floridi 04], S. 155-166.
- [Turtschi 98] R. Turtschi: Mediendesign. Niggli, 1998.
- [Weiss et al. 96] R. Weiss; B. Vélez; M.A. Sheldon; C. Namprempre; P. Szilagyi; A. Duda; D.K. Gifford: HyPursuit: A Hiearchical Network Search Engine that Exploits Content-Link Hypertext Clustering. In Proc. Hypertext '96, ACM, S. 180-193.
- [Wiil/Leggett 96] U.K. Wiil und J.J. Leggett: The HyperDisco approach to open hypermedia systems. In Proc. Hypertext '96, ACM, 1996, S. 140-148.
- [Winkler 97] H. Winkler: Docuverse. Zur Medientheorie der Computer. Boer, 1997
- [www.adlnet.org] Homepage der Advanced Distributed Learning Initiative (7.8.2003)
- [www.dublincore.org] Homepage der Dublin Core Metadata Initiative (7.8.2003)
- [www.w3c.org] Homepage des Worldwide-Web-Consortiums (20.7. 2003)
- [Yankelovich et al. 88] N. Yankelovich, J.B. Haan, N.K. Meyrowitz und S.M. Drucker. Intermedia: The Concept and the Construction of a Seamless Information environment. IEEE Computer, Bd. 21, Nr. 1 S. 81-96, 1988